

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-273850

(43)Date of publication of application : 05.10.2001

(51)Int.Cl.

H01J 1/312

H01J 1/30

H01J 9/42

(21)Application number : 2000-085837

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD

(22)Date of filing : 27.03.2000

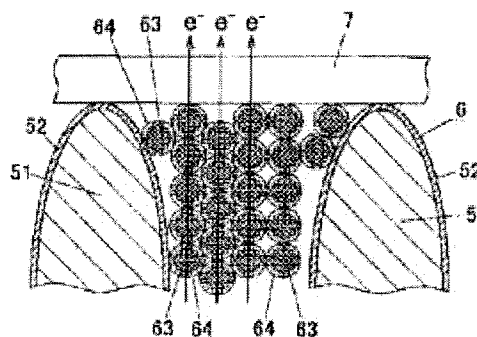
(72)Inventor : KUNUGIBARA TSUTOMU
KOMODA TAKUYA
AIZAWA KOICHI
KOSHIDA NOBUYOSHI

(54) FIELD EMISSION ELECTRON SOURCE AND ITS INSPECTING METHOD AND DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high performance field emission electron source and a method and a device for simply deciding the quality of the field emission electron source.

SOLUTION: Electrons injected into an intense electric field drift layer 6 are accelerated and drifted without colliding with silicon microcrystals 63 by the electric field applied to silicon oxide films 64 and are emitted through a surface electrode 7. Performance of photoluminescence measurement by light excitation of the intense electric field drift layer 6 detects peaks of emission from the silicon microcrystals 63. In a defective article with small emission current, peaks of emission from the silicon microcrystals 63 are not detected.



6 強電界ドリフト層

7 表面電極

63 シリコン結晶

64 シリコン酸化膜

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A conductive layer and a strong electric field drift layer which consists of a porosity semiconductor layer [nitriding / a semiconductor layer / which oxidized] which was formed in the 1 surface side of a conductive layer, A field emission type electron source having the character which it has a surface electrode formed on a strong electric field drift layer, and a strong electric field drift layer has an oxide film or a nitride formed in the surface of semiconductor micro crystallite and semiconductor micro crystallite, and emits light from semiconductor micro crystallite by being excited.

[Claim 2] The field emission type electron source according to claim 1, wherein the above-mentioned semiconductor consists of silicon.

[Claim 3] A conductive layer and a strong electric field drift layer which consists of a porosity semiconductor layer [nitriding / a semiconductor layer / which oxidized] which was formed in the 1 surface side of a conductive layer, It is an inspection method of a field emission type electron source which it has a surface electrode formed on a strong electric field drift layer, and an electron poured in from a conductive layer by impressing voltage as an anode to a conductive layer in a surface electrode carries out the drift of the strong electric field drift layer, and is emitted through a surface electrode, An inspection method of a field emission type electron source making light emit by exciting a strong electric field drift layer, and judging a quality of a strong electric field drift layer based on distribution of an emission spectrum of a strong electric field drift layer.

[Claim 4] An inspection method of the field emission type electron source according to claim 3 which is characterized by exciting the above-mentioned strong electric field drift layer with light energy in exciting the above-mentioned strong electric field drift layer.

[Claim 5] An inspection method of the field emission type electron source according to claim 3 exciting by impressing an electric field to the above-mentioned strong electric field drift layer in exciting the above-mentioned strong electric field drift layer.

[Claim 6] An inspection method of the field emission type electron source according to any one of claims 3 to 5 by which it is judging [in judging the above-mentioned quality, / when a peak of both luminescence relevant to oxidation or nitriding of a porosity semiconductor layer and luminescence from semiconductor micro crystallite is detected]-as excellent article characterized.

[Claim 7] An inspection method of the field emission type electron source according to any one of claims 3 to 6, wherein the above-mentioned semiconductor consists of silicon.

[Claim 8] A conductive layer and a strong electric field drift layer which consists of a porosity semiconductor layer [nitriding / a semiconductor layer / which oxidized] which was formed in the 1 surface side of a conductive layer characterized by comprising the following, Test equipment of a field emission type electron source which it has a surface electrode formed on a strong electric field drift layer, and an electron poured in from a conductive layer by impressing voltage as an anode to a conductive layer in a surface electrode carries out the drift of the strong electric field drift layer, and is emitted through a surface electrode.

The excitation light source which gives light energy to a strong electric field drift layer.

A judging means which judges a quality of the strong electric field drift layer concerned based on distribution of an emission spectrum of a strong electric field drift layer.

[Claim 9] A conductive layer and a strong electric field drift layer which consists of a porosity semiconductor layer [nitriding / a semiconductor layer / which oxidized] which was formed in the 1 surface side of a conductive layer, It is test equipment of a field emission type electron source which it has a surface electrode formed on a strong electric field drift layer, and an electron poured in from a conductive layer by impressing voltage as an anode to a conductive layer in a surface electrode carries out the drift of the strong electric field drift layer, and is emitted through a surface electrode, Test equipment of a field emission type electron source provided with a power supply which impresses an electric field to a strong electric field drift layer, and a judging means which judges a quality of the strong electric field drift layer concerned based on distribution of an emission spectrum of a strong electric field drift layer.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the inspection method of a field emission type electron source and a field emission type electron source, and the test equipment of a field emission type electron source.

[0002]

[Description of the Prior Art]The field emission type electron source which formed the strong electric field drift layer which consists of a porous-polycrystalline-silicon layer which oxidized to the 1 surface side of a conductive substrate conventionally, and formed the surface electrode on the strong electric field drift layer is proposed (for example, refer to the patent No. 2966842 and the patent No. 2987140). While impressing direct current voltage between a surface electrode and a conductive substrate as an anode to a conductive substrate, this kind of field emission type electron source a surface electrode, An electron is made to emit from the surface of a surface electrode by impressing an electric field between the collector electrodes by which the placed opposite was carried out to the surface electrode by using a surface electrode as the negative pole. The electron emission principle of this field emission type electron source is called the ballistic trajectory type electron emission phenomenon.

[0003]In here, in formation of a strong electric field drift layer, By porosity-izing the polycrystalline silicon layer on a conductive substrate by anodizing, the porous-polycrystalline-silicon layer which has semiconductor micro crystallite is formed, and the oxide film is formed in the surface of the grain of this porous-polycrystalline-silicon layer, and each semiconductor micro crystallite.

[0004]As for the degree-of-vacuum dependency of an electron emission characteristic, small, a popping phenomenon cannot occur, can be stabilized in this field emission type electron source at the time of electron emission, and electrons can be emitted, Since the substrate in which the conductive film was formed etc. can also be used for a glass substrate other than semiconductor substrates, such as a single crystal silicon substrate, etc. as a conductive substrate, compared with the Spindt type electrode, large-area-izing and low-cost-izing of an electron source are attained.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]By the way, depending on the oxidation conditions in which an above-mentioned field emission type electron source forms an oxide film in the surface of the semiconductor micro crystallite in the manufacturing process, the performance (for example, emission current) as an electron source might fall.

[0006]However, the inspection of the performance as an electron source of an above-mentioned field emission type electron source, Since it installed in vacuum devices and the emission current etc. were measured after forming a strong electric field drift layer, and passing through the formation process of a surface electrode, the formation process of a pad electrode, the

dicing process, the mounting step, etc., While the inspection took time and effort, when it was judged with it being poor in the inspection concerned, there was fault that many processes, and the time and cost which evaluation takes will become useless, and a manufacturing cost will become high as a result.

[0007]Succeeding in this invention in view of the above-mentioned reason, the purpose is an inspection method of a highly efficient field emission type electron source and the field emission type electron source which performs the quality decision of a field emission type electron source simply, and to provide simply the test equipment of the field emission type electron source in which the quality decision of a field emission type electron source is possible.

[0008]

[Means for Solving the Problem]A strong electric field drift layer which an invention of Claim 1 becomes from a porosity semiconductor layer [nitriding / a semiconductor layer / which oxidized] which was formed in the 1 surface side of a conductive layer and a conductive layer to achieve the above objects, Have a surface electrode formed on a strong electric field drift layer, and a strong electric field drift layer, It is characterized by having the character which has an oxide film or a nitride formed in the surface of semiconductor micro crystallite and semiconductor micro crystallite, and emits light from semiconductor micro crystallite by being excited, and electron emission efficiency is high and an emission current is large.

[0009]In an invention of Claim 1, since the above-mentioned semiconductor consists of silicon, the invention of Claim 2 can use a silicon process at the time of manufacture, and can attain low cost-ization.

[0010]A strong electric field drift layer which an invention of Claim 3 becomes from a conductive layer and a porosity semiconductor layer [nitriding / a semiconductor layer / which oxidized] by which it was formed in the 1 surface side of a conductive layer, It is an inspection method of a field emission type electron source which it has a surface electrode formed on a strong electric field drift layer, and an electron poured in from a conductive layer by impressing voltage as an anode to a conductive layer in a surface electrode carries out the drift of the strong electric field drift layer, and is emitted through a surface electrode, While making light emit by exciting a strong electric field drift layer, being characterized by judging a quality of a strong electric field drift layer based on distribution of an emission spectrum of a strong electric field drift layer and being able to judge a quality of a strong electric field drift layer by inspection in the atmosphere, Since it can inspect in the state of a wafer even while being the manufacturing process after a strong electric field drift layer was formed, while an inspection of a field emission type electron source becomes easy, a manufacturing cost of a field emission type electron source can be reduced.

[0011]In an invention of Claim 3, since an invention of Claim 4 excites the above-mentioned strong electric field drift layer with light energy in exciting the above-mentioned strong electric field drift layer, it can inspect the above-mentioned strong electric field drift layer by non-contact and un-destroying.

[0012]Since an invention of Claim 5 is excited in an invention of Claim 3 by impressing an electric field to the above-mentioned strong electric field drift layer in exciting the above-mentioned strong electric field drift layer, An optical system for exciting compared with a case where it excites optically becomes unnecessary, and the above-mentioned strong electric field drift layer can be excited easily.

[0013]Luminescence relevant to oxidation or nitriding of a porosity semiconductor layer when an invention of Claim 6 judges the above-mentioned quality in an invention of Claim 3 thru/or Claim 5, Since it judges as an excellent article when a peak with both luminescence from semiconductor micro crystallite is detected, a highly efficient field emission type electron source with high electron emission efficiency and a big emission current can be sorted out as an excellent article.

[0014]In an invention of Claim 3 thru/or Claim 6, since the above-mentioned semiconductor consists of silicon, as for an invention of Claim 7, setting out of peak wavelength of luminescence from semiconductor micro crystallite becomes easy.

[0015]A strong electric field drift layer which an invention of Claim 8 becomes from a conductive

layer and a porosity semiconductor layer [nitriding / a semiconductor layer / which oxidized] by which it was formed in the 1 surface side of a conductive layer, It is test equipment of a field emission type electron source which it has a surface electrode formed on a strong electric field drift layer, and an electron poured in from a conductive layer by impressing voltage as an anode to a conductive layer in a surface electrode carries out the drift of the strong electric field drift layer, and is emitted through a surface electrode, It is a thing provided with the excitation light source which gives light energy to a strong electric field drift layer, and a judging means which judges a quality of the strong electric field drift layer concerned based on distribution of an emission spectrum of a strong electric field drift layer, Into the atmosphere, it becomes possible un-destroying and to be able to inspect a strong electric field drift layer easily by non-contact, and to aim at reduction of a manufacturing cost of a field emission type electron source.

[0016]A strong electric field drift layer which an invention of Claim 9 becomes from a conductive layer and a porosity semiconductor layer [nitriding / a semiconductor layer / which oxidized] by which it was formed in the 1 surface side of a conductive layer, It is test equipment of a field emission type electron source which it has a surface electrode formed on a strong electric field drift layer, and an electron poured in from a conductive layer by impressing voltage as an anode to a conductive layer in a surface electrode carries out the drift of the strong electric field drift layer, and is emitted through a surface electrode, It is a thing provided with a power supply which impresses an electric field to a strong electric field drift layer, and a judging means which judges a quality of the strong electric field drift layer concerned based on distribution of an emission spectrum of a strong electric field drift layer, In the atmosphere, a strong electric field drift layer can be easily inspected by un-destroying, and it becomes possible to aim at reduction of a manufacturing cost of a field emission type electron source.

[0017]

[Embodiment of the Invention]As the field emission type electron source of this embodiment is shown in drawing 2, the strong electric field drift layer 6 which consists of a porous-polycrystalline-silicon layer which oxidized to the main table side side of the conductive substrate slack n type silicon substrate 1 is formed, The surface electrode 7 which consists of conductive thin films (for example, gold thin film) is formed on the strong electric field drift layer 6, and the ohmic electrode 2 is formed in the rear face of the n type silicon substrate 1. The n type silicon substrate 1 (resistivity is abbreviated 0.01-ohmcm - a substrate (100) of 0.02) of the single crystal with the resistivity comparatively near the resistivity of a conductor is used as a conductive substrate, and the n type silicon substrate 1 constitutes the conductive layer from this embodiment.

[0018]In the field emission type electron source 10 of composition of being shown in drawing 2. While countering the surface electrode 7, arranging the collector electrode 21, as shown in drawing 3 while arranging the surface electrode 7 in a vacuum, and impressing the direct current voltage V_{ps} as an anode to the n type silicon substrate 1 which is a conductive layer about the surface electrode 7, By impressing the direct current voltage V_c as an anode to the surface electrode 7, the collector electrode 21, The electron poured in from the n type silicon substrate 1 carries out the drift of the strong electric field drift layer 6, and is emitted through the surface electrode 7 (in addition, the dashed dotted line in drawing 3 shows the flow of electronic e^- emitted through the surface electrode 7). Therefore, it is desirable to use a small material of a work function as the surface electrode 7. In here, the current which flows between the surface electrode 7 and the n type silicon substrate 1 (ohmic electrode 2) is called the diode current I_{ps} , The current which flows between the collector electrode 21 and the surface electrode 7 is called the emission current (emission-electron current) I_e , and, in the emission current I_e to the diode current I_{ps} being large (I_e/I_{ps} is large), electron emission efficiency becomes high. Electrons can be made to emit the direct current voltage V_{ps} impressed between the surface electrode 7 and the ohmic electrode 2 also as an about [10-20V] low voltage in the field emission type electron source 10 of this embodiment.

[0019]As shown in drawing 1, here the strong electric field drift layer 6 The polycrystalline silicon (grain) 51 pillar-shaped at least, The thin silicon oxide 52 formed in the surface of the polycrystalline silicon 51, The crystal grain diameter which intervenes between the

polycrystalline silicon 51 is formed in the surface of the silicon crystallites 63 of nano meter size (5 nm or less), and the silicon crystallites 63, and it comprises the silicon oxide 64 in which thickness is smaller than the crystal grain diameter of the silicon crystallites 63. In short, the surface of each grain porosity-izes the strong electric field drift layer 6, and the crystallized state is maintained in the center section of each grain.

[0020]Therefore, according to the field emission type electron source 10, it is thought that electron emission happens with the following models. Namely, while impressing the direct current voltage V_{ps} by using the surface electrode 7 as an anode between the surface electrode 7 and the n type silicon substrate 1 (ohmic electrode 2), When the direct current voltage V_{ps} reaches a predetermined value (critical value) by impressing the direct current voltage V_c by using the collector electrode 21 as an anode between the collector electrode 21 and the surface electrode 7, electronic e^- is poured in by thermal excitation from the n type silicon substrate 1 to the strong electric field drift layer 6. On the other hand, since most electric fields impressed to the strong electric field drift layer 6 are built over the silicon oxide 64, The poured-in electron is accelerated by the strong electric field concerning the silicon oxide 64, The drift (going to above [of drawing 1]) of the field between the polycrystalline silicon 51 in the strong electric field drift layer 6 is carried out to direction of the arrow in a figure toward the surface, the surface electrode 7 is tunneled via the oxidizing zone (not shown) of the outermost surface of the strong electric field drift layer 6, and it is emitted into a vacuum. Carry out a deer, accelerate and carry out a drift by the electric field by which the electron poured in from the n type silicon substrate 1 in the strong electric field drift layer 6 is impressed to the silicon oxide 64 without colliding with the silicon crystallites 63, and it is emitted through the surface electrode 7 (ballistic trajectory type electron emission phenomenon), Since the heat generated in the strong electric field drift layer 6 radiates heat through the pillar-shaped polycrystalline silicon 51, a popping phenomenon does not occur at the time of electron emission, but it can be efficient and electrons can be emitted.

[0021]Hereafter, it explains, referring to drawing 4 for a manufacturing method.

[0022]first, the main table side top of the n type silicon substrate 1 after forming the ohmic electrode 2 in the rear face of the n type silicon substrate 1 -- predetermined thickness (for example, 1.5 micrometers) -- a semiconductor layer -- structure as shown in drawing 4 (a) is acquired by forming the non-doped polycrystalline silicon layer 3 (membrane formation). When a conductive substrate is a semiconductor substrate, after it may perform membrane formation of the polycrystalline silicon layer 3 by the LPCVD method or a sputtering technique or it forms an amorphous silicon with plasma CVD method, it may be made to crystallize by performing annealing treatment, and it may form membranes. In the case of the substrate with which the conductive substrate formed the conductive layer in the glass substrate, after forming an amorphous silicon on a conductive layer with a CVD method, a polycrystalline silicon layer may be formed by annealing by excimer laser. The method of forming a polycrystalline silicon layer on a conductive layer is not limited to a CVD method, and may use the CGS (Continuous Grain Silicon) method, catalyst CVD method, etc., for example.

[0023]After forming the non-doped polycrystalline silicon layer 3, the anodizing tub containing the electrolysis solution which consists of mixed liquor which mixed 55wt% of hydrogen fluoride solution and ethanol by the abbreviation 1:1 is used, Structure as the porous-polycrystalline-silicon layer 4 formed and shown in drawing 4 (b) is acquired by performing anodizing on condition of predetermined, using a platinum electrode (not shown) as a negative electrode, and performing an optical exposure to the polycrystalline silicon layer 3 by using the n type silicon substrate 1 (ohmic electrode 2) as an anode. In here, although the light power with which the surface of the polycrystalline silicon layer 3 is irradiated was fixed and current density was set constant during the anodizing as conditions for anodizing in this embodiment, this condition may be changed suitably (for example, current density may be changed).

[0024]Next, by a rapid heating method (the RTO method), by oxidizing the porous-polycrystalline-silicon layer 4, the strong electric field drift layer 6 is formed, and the structure shown in drawing 4 (c) is acquired. The oxidation conditions by a rapid heating method perform annealing of predetermined oxidation time (for example, 1 hour) for substrate temperature with

predetermined oxidizing temperature (for example, 900 **) by making the inside of a furnace into oxygen environment using a lamp annealing device.

[0025]After forming the strong electric field drift layer 6, the field emission type electron source 10 of the structure shown in drawing 4 (d) is acquired by forming by vacuum evaporation in the surface electrode 7 which consists of conductive thin films (for example, gold thin film) on the strong electric field drift layer 6.

[0026]In this embodiment, although the thickness of the surface electrode 7 has been 15 nm, especially this thickness should just be the thickness which can tunnel the electron which does not limit and has passed along the strong electric field drift layer 6. Although the conductive thin film used as the surface electrode 7 is formed by vacuum evaporation in this embodiment, the formation method of a conductive thin film is not limited to vacuum evaporation, and may use a sputtering technique, for example. although the gold thin film constituted the surface electrode 7 from this embodiment, the thickness direction laminated -- the thin film electrode layer of a bilayer may constitute at least. What is necessary is to adopt gold etc. as a material of the upper thin film electrode layer, and just to adopt chromium, nickel, platinum, titanium, iridium, etc. as a material of a lower layer thin film electrode layer (thin film electrode layer by the side of the strong electric field drift layer 6), when the thin film electrode layer of a bilayer constitutes.

[0027]By the way, invention-in-this-application persons acquired wholeheartedly the knowledge that the performance of the field emission type electron source 10 could be inspected, by evaluating the strong electric field drift layer 6 by photoluminescence measurement as a result of research. Depending on namely, the oxidation conditions of the porous-polycrystalline-silicon layer 4 in the case of forming the strong electric field drift layer 6. That by which only the peak of luminescence relevant to oxidation of the porous-polycrystalline-silicon layer 4 is observed like the emission spectrum shown in I in drawing 5 by exciting the formed strong electric field drift layer 6, The knowledge that there were some by which the peak of luminescence relevant to oxidation of the porous-polycrystalline-silicon layer 4 and the peak of luminescence from silicon crystallites are observed was acquired like the emission spectrum shown in RO in drawing 5. Generally, luminescence from silicon oxide is called an F band, having a peak near 430-540 nm is known, luminescence from silicon crystallites is called S band, and having a peak near 650-800 nm is known.

[0028]When what has an emission spectrum of I about the emission current which is one showing the performance of an electron source was compared with the thing which has an emission spectrum of RO, as shown in drawing 6, it turned out that the current density in which what has an emission spectrum of RO is bigger as for double or more figures is obtained. As for the emission current, in other words, it turned out that the direction in which the silicon crystallites 63 are formed at the strong electric field drift layer 6 becomes large compared with that in which the silicon crystallites 63 are not formed. The silicon crystallites 63 are destroyed, the thickness of the silicon oxide 64 becomes thick, and it is considered to be because for electrons to be scattered about by thick silicon oxide that the emission current is small in the direction of what has an emission spectrum of I here as shown in drawing 6.

[0029]In therefore, the case so that it may sort out in the size of an emission current in the quality assessment of an electron source. The state of the wafer after forming the strong electric field drift layer 6 (the surface electrode 7 may be formed and) the surface electrode 7 is formed -- **** -- by exciting the strong electric field drift layer 6, the quality of the strong electric field drift layer 6 can be judged, and it becomes possible to substitute the result of this quality decision as a sorting result of the size of an emission current.

[0030]The outline composition of the test equipment which judges the quality of the strong electric field drift layer 6 is shown in drawing 7. That is, in the test equipment of composition of being shown in drawing 7, the laser beam generated from the excitation light source 101 which consists of laser light sources is irradiated by the surface of the sample S which is deflected by the two mirrors 102,103 and consists of wafers. In here, the thing in the state where the field emission type electron source 10 was formed may be used, the strong electric field drift layer 6 is formed, the thing of the state before surface electrode 7 formation may be sufficient as a wafer, and it should just be in the state after formation of the strong electric field drift layer 6

anyway. In short, to the strong electric field drift layer 6, light energy will excite [it is given and] and emit light from the excitation light source 101. It is condensed through the condensing optical system 104, and the spectrum of the luminescence from the strong electric field drift layer 6 of the sample S is carried out with the spectroscope 105. The output signal of the spectroscope 105 is changed into an electrical signal by the converter 106, and is inputted into the control section 107. The spectroscope 105 is controlled by the control section 107 which consists of computers.

[0031]The control section 107 has a judging means which judges the quality of the strong electric field drift layer 6 based on distribution of the emission spectrum of the strong electric field drift layer 6, and the decision result by a judging means is displayed on the display which is not illustrated. Luminescence relevant to [in this judging means] oxidation of the porous-polycrystalline-silicon layer 4 to an emission spectrum. When there are both a peak of (luminescence [for example,] from silicon oxide) and a peak of luminescence from silicon crystallites, it judges with an excellent article, When there is only peak wavelength of luminescence relevant to oxidation of the porous-polycrystalline-silicon layer 4 and there is no peak wavelength of luminescence from silicon crystallites, it judges with inferior goods. The wavelength of the excitation light source 101 was 325 nm.

[0032]When the strong electric field drift layer 6 is inspected using the test equipment of composition of carrying out a deer and being shown in drawing 7, Since light is made to emit by giving light energy to the strong electric field drift layer 6, and exciting the strong electric field drift layer 6 and the quality of the strong electric field drift layer 6 is judged based on distribution of the peak of the emission spectrum of the strong electric field drift layer 6, Since it can inspect in the state of the wafer after the strong electric field drift layer 6 was formed while being able to judge the quality of the strong electric field drift layer 6 by the inspection of not destroying in the inside of the atmosphere, while the inspection of the field emission type electron source 10 becomes easy, the manufacturing cost of the field emission type electron source 10 can be reduced. Since an emission current also becomes [electron emission efficiency] high highly, the field emission type electron source 10 judged using this test equipment to be an excellent article can be used for offer where the highly efficient field emission type electron source was stabilized.

[0033]In here, photoluminescence (PL) luminescence from the strong electric field drift layer 6, Since luminescence intensity with the higher portion which is not covered with the surface electrode 7 (luminosity) can be obtained, a quality decision can be performed by high sensitivity by providing the field for evaluation exposed without covering with the surface electrode 7 the porous-polycrystalline-silicon layer 4 which oxidized to some wafers.

[0034]By the way, although the strong electric field drift layer 6 is excited using the excitation light source 101, as shown in drawing 8, it may constitute from test equipment of composition of being shown in drawing 7 so that the strong electric field drift layer 6 may be excited by impressing an electric field to the strong electric field drift layer 6 using the power supply 110. Since the optical systems (mirror 102,103 etc.) for exciting compared with the case where it excites optically like the composition of drawing 7 will become unnecessary if constituted in this way, the strong electric field drift layer 6 can be excited easily. Since other components are the same as what was shown in drawing 7 in the test equipment shown in drawing 8, the same numerals are given to the same component and explanation is omitted.

[0035]As a method of forming the silicon oxide 64 in the surface of the silicon crystallites 63, without destroying the silicon crystallites 63 in the porous-polycrystalline-silicon layer 4, There are a method of making temperature rise time less than several seconds using the RTO method, the method of shortening oxidation time by thermal oxidation, the method of lowering oxidizing temperature, etc. The method of oxidizing with an oxidizing solution, the method of oxidizing with acid, the method of oxidizing electrochemically, If the method of oxidizing using plasma, the method of oxidizing by UV irradiation, the method of oxidizing in ozone atmosphere, the method of irradiating with ultraviolet radiation and oxidizing in ozone atmosphere, etc. are adopted, The silicon oxide 64 can be formed in the surface of the silicon crystallites 63, preventing destruction of the silicon crystallites 63 at low temperature 600 ** or less. As an example, in 1-mol % of the

weight of the sulfuric acid solution which heated the porous-polycrystalline-silicon layer 4 at 70 **, use a platinum electrode as a negative electrode and by using the n type silicon substrate 1 as an anode using an above-mentioned anodizing tub 1mA/cm. The emission spectrum of the strong electric field drift layer 6 obtained by oxidizing electrochemically by the constant current of 2 is shown in RO of drawing 9. Also in the emission spectrum of this RO, the peak of luminescence relevant to oxidation of the above-mentioned porous-polycrystalline-silicon layer 4 and the peak of luminescence from silicon crystallites were observed. I of drawing 9 shows the emission spectrum of the strong electric field drift layer 6 produced by oxidizing on unsuitable conditions by the RTO method in the porous-polycrystalline-silicon layer 4.

[0036] Although the n type silicon substrate 1 is used as a conductive substrate in this embodiment, Instead of the n type silicon substrate 1, metal substrates, such as chromium, may be used and what formed the conductive layer 8 (for example, ITO film) in the 1 surface side of the insulating substrates 11, such as a glass substrate, as shown in drawing 10 may be used. In the field emission type electron source 10 of composition of being shown in drawing 10. While arranging the surface electrode 7 in a vacuum, as shown in drawing 11, counter the surface electrode 7, arrange the collector electrode 21, and while impressing the direct current voltage V_p as an anode to the conductive layer 8, the surface electrode 7, By impressing the direct current voltage V_c as an anode to the surface electrode 7, the collector electrode 21, The electron poured in from the conductive layer 8 carries out the drift of the strong electric field drift layer 6, and is emitted through the surface electrode 7 (in addition, the dashed dotted line in drawing 11 shows the flow of electronic e^- emitted through the surface electrode 7).

[0037] When using the substrate which formed the conductive layer in the 1 surface side of a glass substrate, large-area-izing and low cost-ization can be attained compared with the case where a semiconductor substrate is used.

[0038] By the way, although the porous-polycrystalline-silicon layer which oxidized constitutes the strong electric field drift layer 6 from this embodiment, the porous-polycrystalline-silicon layer [nitriding / the layer / the strong electric field drift layer 6], or the porosity semiconductor layer [nitriding / others / the semiconductor layer / which they oxidized] may constitute. What is necessary is just to have a peak of luminescence relevant to nitriding of the porous-polycrystalline-silicon layer 4 instead of the peak of luminescence relevant to oxidation of the above-mentioned porous-polycrystalline-silicon layer 4, when the porous-polycrystalline-silicon layer [nitriding / the layer / the strong electric field drift layer 6] constitutes.

[0039]

[Effect of the Invention] The strong electric field drift layer which the invention of Claim 1 becomes from the porosity semiconductor layer [nitriding / the semiconductor layer / which oxidized] which was formed in the 1 surface side of a conductive layer and a conductive layer to achieve the above objects, Have the surface electrode formed on the strong electric field drift layer, and a strong electric field drift layer, It has the oxide film or nitride formed in the surface of semiconductor micro crystallite and semiconductor micro crystallite, and by being excited, it has the character which emits light from semiconductor micro crystallite, and is effective in electron emission efficiency being high and an emission current being large.

[0040] In the invention of Claim 1, since the above-mentioned semiconductor consists of silicon, the invention of Claim 2 can use a silicon process at the time of manufacture, and is effective in the ability to attain low cost-ization.

[0041] The strong electric field drift layer which the invention of Claim 3 becomes from a conductive layer and the porosity semiconductor layer [nitriding / the semiconductor layer / which oxidized] by which it was formed in the 1 surface side of a conductive layer, It is an inspection method of the field emission type electron source which it has the surface electrode formed on the strong electric field drift layer, and the electron poured in from the conductive layer by impressing voltage as an anode to a conductive layer in the surface electrode carries out the drift of the strong electric field drift layer, and is emitted through a surface electrode, Since light is made to emit by exciting a strong electric field drift layer and the quality of a strong electric field drift layer is judged based on distribution of the emission spectrum of a

strong electric field drift layer, It can inspect in the state of a wafer even while being the manufacturing process after the strong electric field drift layer was formed, while being able to judge the quality of a strong electric field drift layer by inspection in the atmosphere, While the inspection of a field emission type electron source becomes easy, it is effective in the ability to reduce the manufacturing cost of a field emission type electron source.

[0042] Since the invention of Claim 4 excites the above-mentioned strong electric field drift layer with light energy in the invention of Claim 3 in exciting the above-mentioned strong electric field drift layer, it is effective in the ability to inspect the above-mentioned strong electric field drift layer by non-contact and un-destroying.

[0043] Since the invention of Claim 5 is excited in the invention of Claim 3 by impressing an electric field to the above-mentioned strong electric field drift layer in exciting the above-mentioned strong electric field drift layer, The optical system for exciting compared with the case where it excites optically becomes unnecessary, and it is effective in the ability to excite easily the above-mentioned strong electric field drift layer.

[0044] Luminescence relevant to oxidation or nitriding of the porosity semiconductor layer when the invention of Claim 6 judges the above-mentioned quality in the invention of Claim 3 thru/or Claim 5, Since it judges as an excellent article when a peak with both luminescence from semiconductor micro crystallite is detected, it is effective in the ability to sort out a highly efficient field emission type electron source with high electron emission efficiency and a big emission current as an excellent article.

[0045] In the invention of Claim 3 thru/or Claim 6, since the above-mentioned semiconductor consists of silicon, as for the invention of Claim 7, setting out of the peak wavelength of luminescence from semiconductor micro crystallite becomes easy.

[0046] The strong electric field drift layer which the invention of Claim 8 becomes from a conductive layer and the porosity semiconductor layer [nitriding / the semiconductor layer / which oxidized] by which it was formed in the 1 surface side of a conductive layer, It is test equipment of the field emission type electron source which it has the surface electrode formed on the strong electric field drift layer, and the electron poured in from the conductive layer by impressing voltage as an anode to a conductive layer in the surface electrode carries out the drift of the strong electric field drift layer, and is emitted through a surface electrode, It is a thing provided with the excitation light source which gives light energy to a strong electric field drift layer, and the judging means which judges the quality of the strong electric field drift layer concerned based on distribution of the emission spectrum of a strong electric field drift layer, Un-destroying and the effect of becoming being able to inspect a strong electric field drift layer easily by non-contact, and possible to aim at reduction of the manufacturing cost of a field emission type electron source are in the atmosphere.

[0047] The strong electric field drift layer which the invention of Claim 9 becomes from a conductive layer and the porosity semiconductor layer [nitriding / the semiconductor layer / which oxidized] by which it was formed in the 1 surface side of a conductive layer, It is test equipment of the field emission type electron source which it has the surface electrode formed on the strong electric field drift layer, and the electron poured in from the conductive layer by impressing voltage as an anode to a conductive layer in the surface electrode carries out the drift of the strong electric field drift layer, and is emitted through a surface electrode, It is a thing provided with the power supply which impresses an electric field to a strong electric field drift layer, and the judging means which judges the quality of the strong electric field drift layer concerned based on distribution of the emission spectrum of a strong electric field drift layer, In the atmosphere, a strong electric field drift layer can be easily inspected by un-destroying, and it is effective in becoming possible to aim at reduction of the manufacturing cost of a field emission type electron source.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is an outline lineblock diagram of the field emission type electron source in an embodiment.

[Drawing 2]It is an outline sectional view of a field emission type electron source same as the above.

[Drawing 3]It is an explanatory view of the characteristic measurement principle of a field emission type electron source same as the above.

[Drawing 4]It is a main process sectional view for explaining the manufacturing method of a field emission type electron source same as the above.

[Drawing 5]It is a characteristic explanatory view of a field emission type electron source same as the above.

[Drawing 6]It is a characteristic explanatory view of a field emission type electron source same as the above.

[Drawing 7]It is an outline lineblock diagram of test equipment same as the above.

[Drawing 8]It is an outline lineblock diagram of other test equipment same as the above.

[Drawing 9]It is a characteristic explanatory view of a field emission type electron source same as the above.

[Drawing 10]It is an outline sectional view of other field emission type electron sources same as the above.

[Drawing 11]It is an explanatory view of the characteristic measurement principle of other field emission type electron sources same as the above.

[Description of Notations]

6 Strong electric field drift layer

7 Surface electrode

63 Silicon crystallites

64 Silicon oxide

[Translation done.]

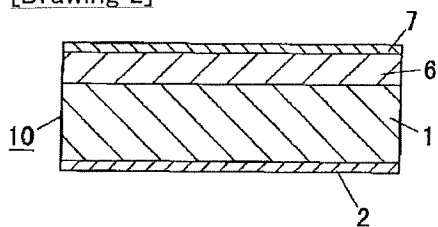
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

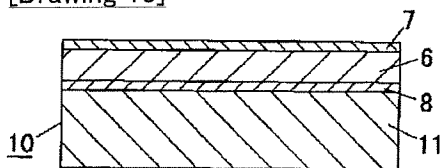
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

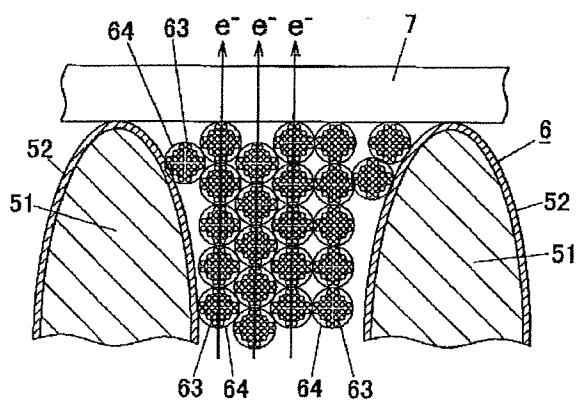
[Drawing 2]



[Drawing 10]



[Drawing 1]



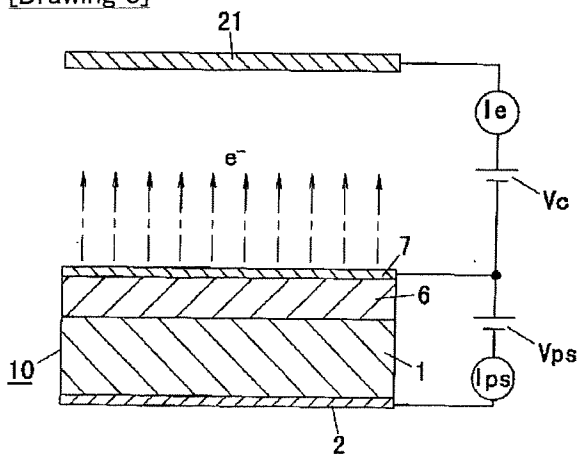
6 強電界ドリフト層

7 表面電極

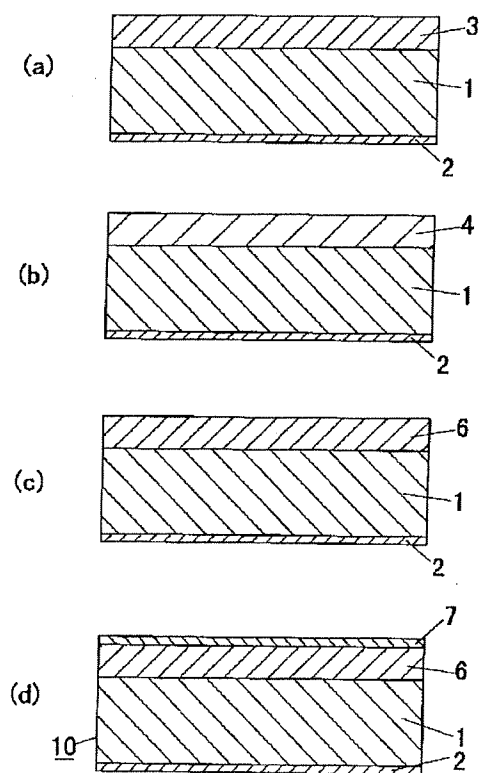
63 シリコン微結晶

64 シリコン酸化膜

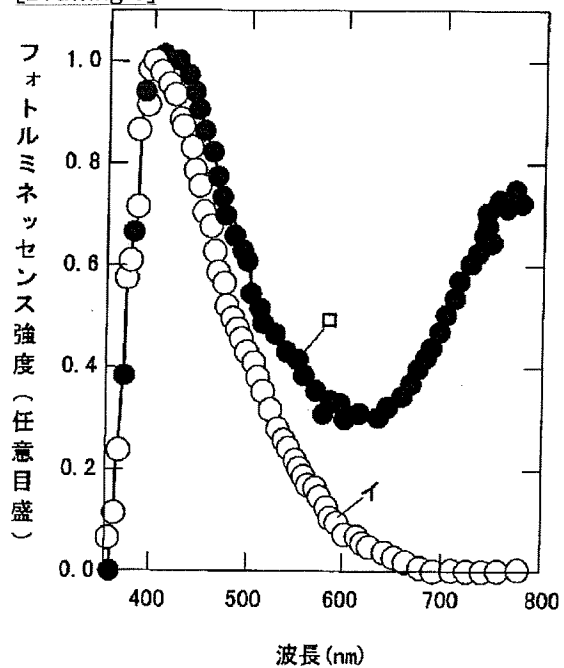
[Drawing 3]



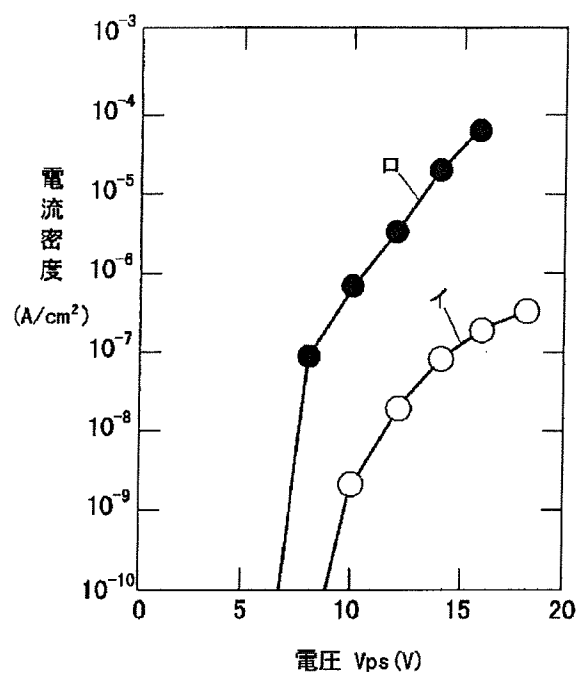
[Drawing 4]



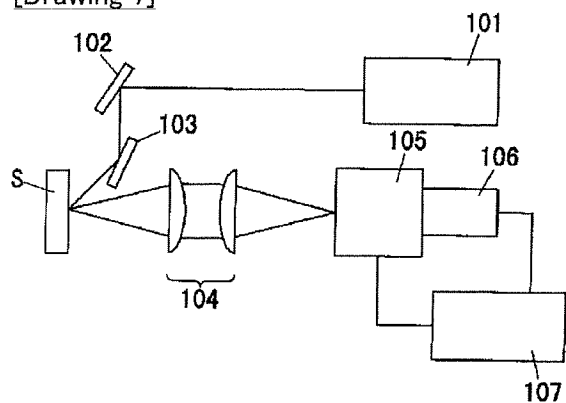
[Drawing 5]



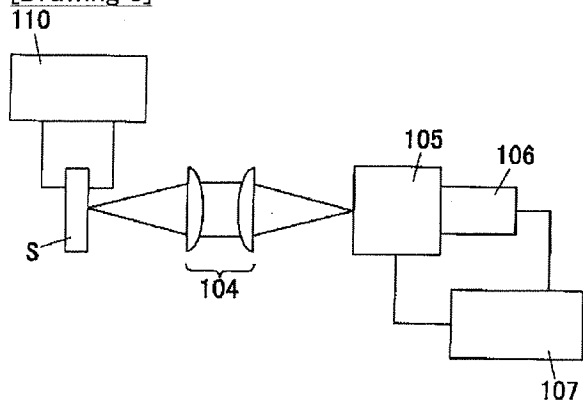
[Drawing 6]



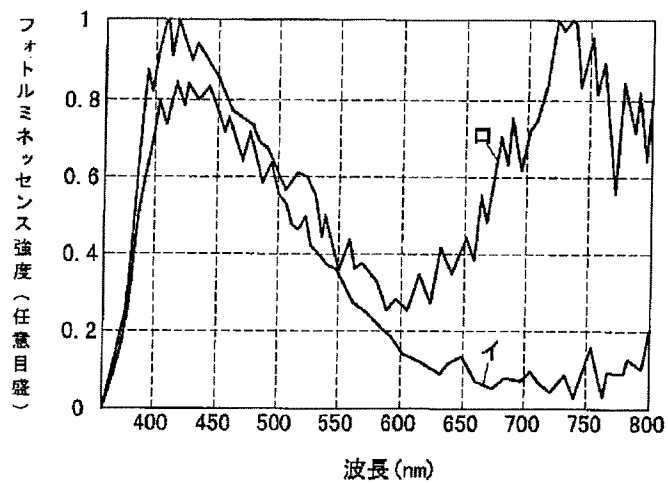
[Drawing 7]



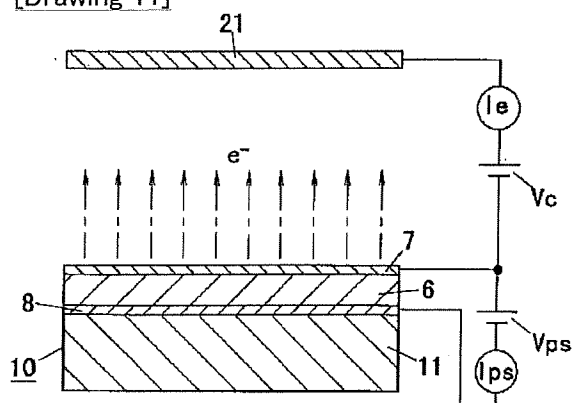
[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Drawing 11]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-273850

(P2001-273850A)

(43) 公開日 平成13年10月5日 (2001.10.5)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 1 J 1/312		H 0 1 J 9/42	A 5 C 0 1 2
1/30		1/30	M 5 C 0 3 5
9/42			C

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-85837(P2000-85837)

(22) 出願日 平成12年3月27日(2000.3.27)

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72) 発明者 榎原 勉

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72) 発明者 菰田 卓哉

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(74) 代理人 10008/767

弁理士 西川 恵清 (外1名)

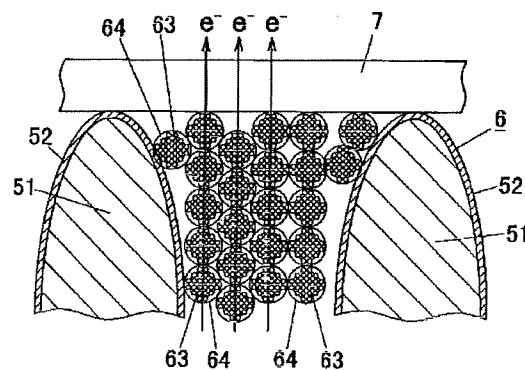
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電界放射型電子源および電界放射型電子源の検査方法および電界放射型電子源の検査装置

(57) 【要約】

【課題】高性能の電界放射型電子源および簡単に電界放射型電子源の良否判定を行う電界放射型電子源の検査方法および簡単に電界放射型電子源の良否判定が可能な電界放射型電子源の検査装置を提供する。

【解決手段】強電界ドリフト層6へ注入された電子は、シリコン微結晶63に衝突せずにシリコン酸化膜64に印加されている電界で加速されてドリフトし表面電極7を通して放出される。強電界ドリフト層6に光エネルギーを与えて励起させてフォトルミネッセンス測定を行うと、シリコン微結晶63からの発光のピークが検出される。エミッション電流が小さな不良品では、シリコン微結晶63からの発光のピークは検出されない。



6 強電界ドリフト層

7 表面電極

63 シリコン微結晶

64 シリコン酸化膜

【特許請求の範囲】

【請求項1】 導電性層と、導電性層の一表面側に形成された酸化若しくは窒化した多孔質半導体層よりなる強電界ドリフト層と、強電界ドリフト層上に形成された表面電極とを備え、強電界ドリフト層は、半導体微結晶と半導体微結晶の表面に形成された酸化膜若しくは窒化膜とを有し、励起されることによって半導体微結晶から発光する性質を有することを特徴とする電界放射型電子源。

【請求項2】 上記半導体は、シリコンよりなることを特徴とする請求項1記載の電界放射型電子源。

【請求項3】 導電性層と、導電性層の一表面側に形成された酸化若しくは窒化した多孔質半導体層よりなる強電界ドリフト層と、強電界ドリフト層上に形成された表面電極とを備え、表面電極を導電性層に対して正極として電圧を印加することにより導電性層から注入された電子が強電界ドリフト層をドリフトし表面電極を通して放出される電界放射型電子源の検査方法であって、強電界ドリフト層を励起することにより発光させ、強電界ドリフト層の発光スペクトルの分布に基づいて強電界ドリフト層の良否を判定することを特徴とする電界放射型電子源の検査方法。

【請求項4】 上記強電界ドリフト層を励起するにあたり、上記強電界ドリフト層を光エネルギーにより励起することを特徴とする請求項3記載の電界放射型電子源の検査方法。

【請求項5】 上記強電界ドリフト層を励起するにあたり、上記強電界ドリフト層に電界を印加することにより励起することを特徴とする請求項3記載の電界放射型電子源の検査方法。

【請求項6】 上記良否を判定するにあたり、多孔質半導体層の酸化若しくは窒化に関連した発光と、半導体微結晶からの発光との両方のピークが検出されるときに良品として判定することと特徴とする請求項3ないし請求項5のいずれかに記載の電界放射型電子源の検査方法。

【請求項7】 上記半導体は、シリコンよりなることを特徴とする請求項3ないし請求項6のいずれかに記載の電界放射型電子源の検査方法。

【請求項8】 導電性層と、導電性層の一表面側に形成された酸化若しくは窒化した多孔質半導体層よりなる強電界ドリフト層と、強電界ドリフト層上に形成された表面電極とを備え、表面電極を導電性層に対して正極として電圧を印加することにより導電性層から注入された電子が強電界ドリフト層をドリフトし表面電極を通して放出される電界放射型電子源の検査装置であって、強電界ドリフト層へ光エネルギーを与える励起光源と、強電界ドリフト層の発光スペクトルの分布に基づいて当該強電界ドリフト層の良否を判定する判定手段とを備えることを特徴とする電界放射型電子源の検査装置。

【請求項9】 導電性層と、導電性層の一表面側に形成

された酸化若しくは窒化した多孔質半導体層よりなる強電界ドリフト層と、強電界ドリフト層上に形成された表面電極とを備え、表面電極を導電性層に対して正極として電圧を印加することにより導電性層から注入された電子が強電界ドリフト層をドリフトし表面電極を通して放出される電界放射型電子源の検査装置であって、強電界ドリフト層へ電界を印加する電源と、強電界ドリフト層の発光スペクトルの分布に基づいて当該強電界ドリフト層の良否を判定する判定手段とを備えることを特徴とする電界放射型電子源の検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電界放射型電子源および電界放射型電子源の検査方法および電界放射型電子源の検査装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、導電性基板の一表面側に酸化した多孔質多結晶シリコン層よりなる強電界ドリフト層を形成し、強電界ドリフト層上に表面電極を形成した電界放射型電子源が提案されている（例えば、特許第2966842号、特許第2987140号参照）。この種の電界放射型電子源は、表面電極を導電性基板に対して正極として表面電極と導電性基板との間に直流電圧を印加するとともに、表面電極を陰極として表面電極に対向配置されたコレクタ電極との間に電界を印加することにより表面電極の表面から電子を放射させるものである。なお、この電界放射型電子源の電子放出原理は、弾道型電子放出現象と呼ばれている。

【0003】ここにおいて、強電界ドリフト層の形成にあたっては、導電性基板上の多結晶シリコン層を陽極酸化処理によって多孔質化することによって半導体微結晶を有する多孔質多結晶シリコン層を形成し、該多孔質多結晶シリコン層のグレインおよび半導体微結晶それぞれの表面に酸化膜を形成している。

【0004】この電界放射型電子源では、電子放出特性の真空度依存性が小さく且つ電子放出時にポッピング現象が発生せず安定して電子を放出することができ、また、導電性基板として単結晶シリコン基板などの半導体基板の他にガラス基板などに導電性膜を形成した基板などを使用することもできるから、スピント型電極に比べて、電子源の大面積化および低コスト化が可能になる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述の電界放射型電子源は、その製造工程中の半導体微結晶の表面に酸化膜を形成する酸化条件によっては電子源としての性能（例えば、エミッション電流）が低下してしまうことがあった。

【0006】しかしながら、上述の電界放射型電子源の電子源としての性能の検査は、強電界ドリフト層を形成した後に、表面電極の形成工程、パッド電極の形成工

程、ダイシング工程、実装工程などを経てから、真空装置内に設置してエミッション電流などの測定を行っていたので、検査に手間がかかるとともに、当該検査において不良と判定された場合、多くのプロセス、評価に要する時間やコストが無駄になってしまい、結果的に製造コストが高くなってしまいうという不具合があった。

【0007】本発明は上記事由に鑑みて為されたものであり、その目的は、高性能の電界放射型電子源および簡単に電界放射型電子源の良否判定を行う電界放射型電子源の検査方法および簡単に電界放射型電子源の良否判定が可能な電界放射型電子源の検査装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、上記目的を達成するために、導電性層と、導電性層の一表面側に形成された酸化若しくは窒化した多孔質半導体層よりなる強電界ドリフト層と、強電界ドリフト層上に形成された表面電極とを備え、強電界ドリフト層は、半導体微結晶と半導体微結晶の表面に形成された酸化膜若しくは窒化膜とを有し、励起されることによって半導体微結晶から発光する性質を有することを特徴とするものであり、電子放出効率が高くエミッション電流が大きい。

【0009】請求項2の発明は、請求項1の発明において、上記半導体がシリコンよりなるので、製造時にシリコンプロセスを利用でき低コスト化を図ることができる。

【0010】請求項3の発明は、導電性層と、導電性層の一表面側に形成された酸化若しくは窒化した多孔質半導体層よりなる強電界ドリフト層と、強電界ドリフト層上に形成された表面電極とを備え、表面電極を導電性層に対して正極として電圧を印加することにより導電性層から注入された電子が強電界ドリフト層をドリフトし表面電極を通して放出される電界放射型電子源の検査方法であって、強電界ドリフト層を励起することにより発光させ、強電界ドリフト層の発光スペクトルの分布に基づいて強電界ドリフト層の良否を判定することを特徴とし、大気中での検査で強電界ドリフト層の良否を判定できるとともに、強電界ドリフト層が形成された後の製造工程の途中でもウェハの状態で検査を行うことができるので、電界放射型電子源の検査が簡単になるとともに電界放射型電子源の製造コストを低減することができる。

【0011】請求項4の発明は、請求項3の発明において、上記強電界ドリフト層を励起するにあたり、上記強電界ドリフト層を光エネルギーにより励起するので、非接触、非破壊で上記強電界ドリフト層の検査を行うことができる。

【0012】請求項5の発明は、請求項3の発明において、上記強電界ドリフト層を励起するにあたり、上記強電界ドリフト層に電界を印加することにより励起するので、光学的に励起する場合に比べて励起するための光学

系が不要になり、上記強電界ドリフト層を簡単に励起することができる。

【0013】請求項6の発明は、請求項3ないし請求項5の発明において、上記良否を判定するにあたり、多孔質半導体層の酸化若しくは窒化に関連した発光と、半導体微結晶からの発光との両方のピークが検出されるときに良品として判定するので、電子放出効率が高くエミッション電流が大きな高性能の電界放射型電子源を良品として選別することができる。

【0014】請求項7の発明は、請求項3ないし請求項6の発明において、上記半導体がシリコンよりなるので、半導体微結晶からの発光のピーク波長の設定が容易になる。

【0015】請求項8の発明は、導電性層と、導電性層の一表面側に形成された酸化若しくは窒化した多孔質半導体層よりなる強電界ドリフト層と、強電界ドリフト層上に形成された表面電極とを備え、表面電極を導電性層に対して正極として電圧を印加することにより導電性層から注入された電子が強電界ドリフト層をドリフトし表面電極を通して放出される電界放射型電子源の検査装置であって、強電界ドリフト層へ光エネルギーを与える励起光源と、強電界ドリフト層の発光スペクトルの分布に基づいて当該強電界ドリフト層の良否を判定する判定手段とを備えることを特徴とするものであり、大気中において非破壊、非接触で簡単に強電界ドリフト層の検査を行うことができ、電界放射型電子源の製造コストの低減を図ることが可能となる。

【0016】請求項9の発明は、導電性層と、導電性層の一表面側に形成された酸化若しくは窒化した多孔質半導体層よりなる強電界ドリフト層と、強電界ドリフト層上に形成された表面電極とを備え、表面電極を導電性層に対して正極として電圧を印加することにより導電性層から注入された電子が強電界ドリフト層をドリフトし表面電極を通して放出される電界放射型電子源の検査装置であって、強電界ドリフト層へ電界を印加する電源と、強電界ドリフト層の発光スペクトルの分布に基づいて当該強電界ドリフト層の良否を判定する判定手段とを備えることを特徴とするものであり、大気中において非破壊で簡単に強電界ドリフト層の検査を行うことができ、電界放射型電子源の製造コストの低減を図ることが可能となる。

【0017】

【発明の実施の形態】本実施形態の電界放射型電子源は、図2に示すように、導電性基板たるn形シリコン基板1の主表面側に酸化した多孔質多結晶シリコン層よりなる強電界ドリフト層6が形成され、強電界ドリフト層6上に導電性薄膜（例えば、金薄膜）よりなる表面電極7が形成され、n形シリコン基板1の裏面にオーミック電極2が形成されている。なお、本実施形態では、導電性基板として抵抗率が導体の抵抗率に比較的近い単結晶

のn形シリコン基板1（例えば、抵抗率が略 $0.01\Omega\text{cm}$ ～ 0.02 の（100）基板）を用いており、n形シリコン基板1が導電性層を構成している。

【0018】図2に示す構成の電界放射型電子源10では、表面電極7を真空中に配置するとともに図3に示すように表面電極7に対向してコレクタ電極21を配置し、表面電極7を導電性層であるn形シリコン基板1に対して正極として直流電圧 V_{ps} を印加するとともに、コレクタ電極21を表面電極7に対して正極として直流電圧 V_c を印加することにより、n形シリコン基板1から注入された電子が強電界ドリフト層6をドリフトし表面電極7を通して放出される（なお、図3中の一点鎖線は表面電極7を通して放出された電子 e^- の流れを示す）。したがって、表面電極7としては、仕事関数の小さな材料を用いることが望ましい。ここにおいて、表面電極7とn形シリコン基板1（オーミック電極2）との間に流れる電流をダイオード電流 I_{ps} と称し、コレクタ電極21と表面電極7との間に流れる電流をエミッション電流（放出電子電流） I_e と称し、ダイオード電流 I_{ps} に対するエミッション電流 I_e が大きい（ I_e/I_{ps} が大きい）ほど電子放出効率が高くなる。なお、本実施形態の電界放射型電子源10では、表面電極7とオーミック電極2との間に印加する直流電圧 V_{ps} を $10\sim 20\text{V}$ 程度の低電圧としても電子を放出させることができる。

【0019】ここに、強電界ドリフト層6は、図1に示すように、少なくとも、柱状の多結晶シリコン（グレイン）51と、多結晶シリコン51の表面に形成された薄いシリコン酸化膜52と、多結晶シリコン51間に介在する結晶粒径がナノメータサイズ（ 5nm 以下）のシリコン微結晶63と、シリコン微結晶63の表面に形成されシリコン微結晶63の結晶粒径よりも膜厚が小さなシリコン酸化膜64とから構成されている。要するに、強電界ドリフト層6は、各グレインの表面が多孔質化し各グレインの中心部分では結晶状態が維持されている。

【0020】したがって、電界放射型電子源10では、次のようなモデルで電子放出が起こると考えられる。すなわち、表面電極7とn形シリコン基板1（オーミック電極2）との間に表面電極7を正極として直流電圧 V_{ps} を印加するとともに、コレクタ電極21と表面電極7との間にコレクタ電極21を正極として直流電圧 V_c を印加することにより、直流電圧 V_{ps} が所定値（臨界値）に達すると、n形シリコン基板1から強電界ドリフト層6へ熱的励起により電子 e^- が注入される。一方、強電界ドリフト層6へ印加された電界はほとんどシリコン酸化膜64にかかるから、注入された電子はシリコン酸化膜64にかかっている強電界により加速され、強電界ドリフト層6における多結晶シリコン51の間の領域を表面に向かって図中の矢印の向きへ（図1の上方向へ向かって）ドリフトし、強電界ドリフト層6の最表面の酸化層（図示せず）を介して表面電極7をトンネルし真空中に

放出される。しかし、強電界ドリフト層6ではn形シリコン基板1から注入された電子がシリコン微結晶63に衝突せずにシリコン酸化膜64に印加されている電界で加速されてドリフトして表面電極7を通して放出され（弾道型電子放出現象）、強電界ドリフト層6で発生した熱が柱状の多結晶シリコン51を通して放熱されるから、電子放出時にポッピング現象が発生せず高効率で電子を放出することができる。

【0021】以下、製造方法について図4を参照しながら説明する。

【0022】まず、n形シリコン基板1の裏面にオーミック電極2を形成した後、n形シリコン基板1の主表面上に所定膜厚（例えば、 $1.5\mu\text{m}$ ）の半導体層たるノンドープの多結晶シリコン層3を形成（成膜）することにより図4（a）に示すような構造が得られる。なお、多結晶シリコン層3の成膜は、導電性基板が半導体基板の場合には例えばLPCVD法やスパッタ法により行ってもよいし、あるいはプラズマCVD法によってアモルファスシリコンを成膜した後アニール処理を行うことにより結晶化させて成膜してもよい。また、導電性基板がガラス基板に導電性層を形成した基板の場合には、CVD法により導電性層上にアモルファスシリコンを成膜した後エキシマレーザでアニールすることにより、多結晶シリコン層を形成してもよい。また、導電性層上に多結晶シリコン層を形成する方法はCVD法に限定されるものではなく、例えばCGS（Continuous Grain Silicon）法や触媒CVD法などを用いてもよい。

【0023】ノンドープの多結晶シリコン層3を形成した後、 $5\text{wt}\%$ のフッ化水素水溶液とエタノールとを略1：1で混合した混合液よりなる電解液の入った陽極酸化処理槽を利用し、白金電極（図示せず）を負極、n形シリコン基板1（オーミック電極2）を正極として、多結晶シリコン層3に光照射を行いながら所定の条件で陽極酸化処理を行うことにより、多孔質多結晶シリコン層4が形成され図4（b）に示すような構造が得られる。ここにおいて、本実施形態では、陽極酸化処理の条件として、陽極酸化処理の期間、多結晶シリコン層3の表面に照射する光パワーを一定、電流密度を一定としたが、この条件は適宜変更してもよい（例えば、電流密度を変化させてもよい）。

【0024】次に、急速加熱法（RTO法）によって、多孔質多結晶シリコン層4を酸化することにより、強電界ドリフト層6が形成され、図4（c）に示す構造が得られる。なお、急速加熱法による酸化条件は、ランプアニール装置を用い、炉内を酸素雰囲気として基板温度を所定の酸化温度（例えば、 900°C ）で所定の酸化時間（例えば、1時間）のアニールを行う。

【0025】強電界ドリフト層6を形成した後は、強電界ドリフト層6上に導電性薄膜（例えば、金薄膜）からなる表面電極7を例えば蒸着により形成することによ

て、図4(d)に示す構造の電界放射型電子源10が得られる。

【0026】なお、本実施形態では、表面電極7の膜厚を15nmとしてあるが、この膜厚は特に限定するものではなく、強電界ドリフト層6を通ってきた電子がトンネルできる膜厚であればよい。また、本実施形態では、表面電極7となる導電性薄膜を蒸着により形成しているが、導電性薄膜の形成方法は蒸着に限定されるものではなく、例えばスパッタ法を用いてもよい。また、本実施形態では表面電極7を金薄膜により構成しているが、厚み方向に積層された少なくとも二層の薄膜電極層により構成してもよい。二層の薄膜電極層により構成する場合には、上層の薄膜電極層の材料として例えば金などを採用し、下層の薄膜電極層(強電界ドリフト層6側の薄膜電極層)の材料として例えば、クロム、ニッケル、白金、チタン、イリジウムなどを採用すればよい。

【0027】ところで、本願発明者らは、鋭意研究の結果、強電界ドリフト層6をフォトルミネッセンス測定により評価することによって、電界放射型電子源10の性能を検査できるという知見を得た。すなわち、強電界ドリフト層6を形成する場合の多孔質多結晶シリコン層4の酸化条件によっては、形成された強電界ドリフト層6を励起させることで図5中のイに示す発光スペクトルのように多孔質多結晶シリコン層4の酸化に関連した発光のピークしか観測されないものと、図5中のロに示す発光スペクトルのように多孔質多結晶シリコン層4の酸化に関連した発光のピークとシリコン微結晶からの発光のピークとが観測されるものがあるという知見を得た。なお、一般に、シリコン酸化膜からの発光はFバンドと呼ばれ、430~540nm付近にピークを持つことが知られ、シリコン微結晶からの発光はSバンドと呼ばれ、650~800nm付近にピークを持つことが知られている。

【0028】また、電子源の性能を表す一つであるエミッション電流についてイの発光スペクトルを有するものとロの発光スペクトルを有するものとを比較すると、図6に示すように、ロの発光スペクトルを有するものの方が2桁以上も大きな電流密度が得られることが分かった。言い換えれば、エミッション電流は、強電界ドリフト層6にシリコン微結晶63が形成されている方がシリコン微結晶63が形成されていないものに比べて大きくなることが分かった。ここに、図6に示すようにイの発光スペクトルを有するものの方がエミッション電流が小さくなっているのは、シリコン微結晶63が破壊されてシリコン酸化膜64の膜厚が厚くなり、電子が厚いシリコン酸化膜によって散乱されてしまうからであると考えられる。

【0029】したがって、電子源の性能評価において、エミッション電流の大きさで選別を行うような場合、強電界ドリフト層6を形成した後のウェハの状態(表面電

極7が形成されていてもよいし、表面電極7が形成されていなくてもよい)で強電界ドリフト層6を励起することにより強電界ドリフト層6の良否を判定することができ、この良否判定の結果をエミッション電流の大きさでの選別結果として代用することが可能となる。

【0030】図7に強電界ドリフト層6の良否を判定する検査装置の概略構成を示す。すなわち、図7に示す構成の検査装置では、レーザ光源からなる励起光源101より発生したレーザビームは、2つのミラー102、103により偏向されてウェハよりなるサンプルSの表面に照射される。ここにおいて、ウェハは、電界放射型電子源10が形成された状態のものでもよいし、強電界ドリフト層6が形成され表面電極7形成前の状態のものでもよく、いずれにしても強電界ドリフト層6の形成後の状態であればよい。要するに、強電界ドリフト層6には励起光源101から光エネルギーが与えられて励起して発光することになる。サンプルSの強電界ドリフト層6からの発光は集光光学系104を通して集光されて分光器105にて分光される。分光器105の出力信号は変換部106にて電気信号に変換されて制御部107に入力される。なお、分光器105は、コンピュータからなる制御部107により制御される。

【0031】制御部107は、強電界ドリフト層6の発光スペクトルの分布に基づいて強電界ドリフト層6の良否を判定する判定手段を有し、判定手段による判定結果は図示しない表示装置に表示される。この判定手段は、発光スペクトルに多孔質多結晶シリコン層4の酸化に関連した発光(例えば、シリコン酸化膜からの発光)のピークとシリコン微結晶からの発光のピークとの両方がある場合に良品と判定し、多孔質多結晶シリコン層4の酸化に関連した発光のピーク波長のみがあつてシリコン微結晶からの発光のピーク波長がない場合には不良品と判定するようになっている。なお、励起光源101の波長は、325nmとした。

【0032】しかして、図7に示す構成の検査装置を用いて強電界ドリフト層6の検査を行う場合、強電界ドリフト層6に光エネルギーを与えて強電界ドリフト層6を励起することにより発光させ、強電界ドリフト層6の発光スペクトルのピークの分布に基づいて強電界ドリフト層6の良否を判定するので、大気中での非破壊の検査で強電界ドリフト層6の良否を判定できるとともに、強電界ドリフト層6が形成された後のウェハの状態で検査を行うことができるから、電界放射型電子源10の検査が簡単になるとともに電界放射型電子源10の製造コストを低減することができる。また、この検査装置を用いて良品と判定された電界放射型電子源10は、電子放出効率が高くエミッション電流も高くなるので、高性能な電界放射型電子源の安定した提供に役立てることができる。

【0033】ここにおいて、強電界ドリフト層6からのフォトルミネッセンス(PL)発光は、表面電極7に覆

われていない部分の方が高い発光強度（輝度）を得ることができるので、ウェハの一部に酸化した多孔質多結晶シリコン層4が表面電極7に覆われないで露出する評価用の領域を設けることにより、良否判定を高感度で行うことができる。

【0034】ところで、図7に示す構成の検査装置では、励起光源101を利用して強電界ドリフト層6を励起しているが、図8に示すように、電源110を利用して強電界ドリフト層6に電界を印加することで強電界ドリフト層6を励起するように構成してもよい。このように構成すれば、図7の構成のように光学的に励起する場合に比べて励起するための光学系（ミラー102、103など）が不要になるので、強電界ドリフト層6を簡単に励起することができる。なお、図8に示す検査装置において他の構成要素は図7に示したものと同一なので同じ構成要素に同一の符号を付して説明を省略する。

【0035】なお、多孔質多結晶シリコン層4中のシリコン微結晶63を破壊することなく、シリコン微結晶63の表面にシリコン酸化膜64を形成する方法としては、RTO法を用いて温度上昇時間を数秒以内とする方法や、熱酸化で酸化時間を短くする方法、酸化温度を下げる方法などがある。また、酸化性溶液により酸化する方法、酸により酸化する方法、電気化学的に酸化する方法、プラズマを利用して酸化する方法、紫外線照射により酸化する方法、オゾン雰囲気中で酸化する方法、オゾン雰囲気中で紫外光を照射して酸化する方法などを採用すれば、600℃以下の低温でシリコン微結晶63の破壊を防ぎつつシリコン微結晶63の表面にシリコン酸化膜64を形成することができる。一例として、上述の陽極酸化処理槽を利用して、多孔質多結晶シリコン層4を、70℃に加熱した1モル重量%の硫酸溶液中で、白金電極を負極、n形シリコン基板1を正極として1mA/cm²の定電流で電気化学的に酸化することで得た強電界ドリフト層6の発光スペクトルを図9のロに示す。このロの発光スペクトルにおいても上述の多孔質多結晶シリコン層4の酸化に関連した発光のピークとシリコン微結晶からの発光のピークとが観測された。図9のイは多孔質多結晶シリコン層4をRTO法により不適切な条件で酸化して得られた強電界ドリフト層6の発光スペクトルを示す。

【0036】本実施形態では、導電性基板としてn形シリコン基板1を用いているが、n形シリコン基板1の代わりに、クロムなどの金属基板を用いてもよいし、図10に示すようにガラス基板などの絶縁性基板11の一表面側に導電性層8（例えば、ITO膜）を形成したものをを用いてもよい。図10に示す構成の電界放射型電子源10では、表面電極7を真空中に配置するとともに図11に示すように表面電極7に対向してコレクタ電極21を配置し、表面電極7を導電性層8に対して正極として直流電圧V_{ps}を印加するとともに、コレクタ電極21を

表面電極7に対して正極として直流電圧V_cを印加することにより、導電性層8から注入された電子が強電界ドリフト層6をドリフトし表面電極7を通して放出される（なお、図11中の一点鎖線は表面電極7を通して放出された電子e⁻の流れを示す）。

【0037】ガラス基板の一表面側に導電性層を形成した基板を用いる場合には、半導体基板を用いる場合に比べて、大面積化および低コスト化を図ることができる。

【0038】ところで、本実施形態では、強電界ドリフト層6を酸化した多孔質多結晶シリコン層により構成しているが、強電界ドリフト層6を窒化した多孔質多結晶シリコン層、あるいは、その他の酸化若しくは窒化した多孔質半導体層により構成してもよい。強電界ドリフト層6を窒化した多孔質多結晶シリコン層により構成する場合には、上述の多孔質多結晶シリコン層4の酸化に関連した発光のピークの代わりに、多孔質多結晶シリコン層4の窒化に関連した発光のピークを有していればよい。

【0039】

【発明の効果】請求項1の発明は、上記目的を達成するために、導電性層と、導電性層の一表面側に形成された酸化若しくは窒化した多孔質半導体層よりなる強電界ドリフト層と、強電界ドリフト層上に形成された表面電極とを備え、強電界ドリフト層は、半導体微結晶と半導体微結晶の表面に形成された酸化膜若しくは窒化膜とを有し、励起されることによって半導体微結晶から発光する性質を有するものであり、電子放出効率が高くてエミッション電流が大きいという効果がある。

【0040】請求項2の発明は、請求項1の発明において、上記半導体がシリコンよりなるので、製造時にシリコンプロセスを利用でき低コスト化を図ることができるという効果がある。

【0041】請求項3の発明は、導電性層と、導電性層の一表面側に形成された酸化若しくは窒化した多孔質半導体層よりなる強電界ドリフト層と、強電界ドリフト層上に形成された表面電極とを備え、表面電極を導電性層に対して正極として電圧を印加することにより導電性層から注入された電子が強電界ドリフト層をドリフトし表面電極を通して放出される電界放射型電子源の検査方法であって、強電界ドリフト層を励起することにより発光させ、強電界ドリフト層の発光スペクトルの分布に基づいて強電界ドリフト層の良否を判定するので、大気中での検査で強電界ドリフト層の良否を判定できるとともに、強電界ドリフト層が形成された後の製造工程の途中でもウェハの状態で行うことができ、電界放射型電子源の検査が簡単になるとともに電界放射型電子源の製造コストを低減することができるという効果がある。

【0042】請求項4の発明は、請求項3の発明において、上記強電界ドリフト層を励起するにあたり、上記強電界ドリフト層を光エネルギーにより励起するので、非接

触、非破壊で上記強電界ドリフト層の検査を行うことができるという効果がある。

【0043】請求項5の発明は、請求項3の発明において、上記強電界ドリフト層を励起するにあたり、上記強電界ドリフト層に電界を印加することにより励起するので、光学的に励起する場合に比べて励起するための光学系が不要になり、上記強電界ドリフト層を簡単に励起することができるという効果がある。

【0044】請求項6の発明は、請求項3ないし請求項5の発明において、上記良否を判定するにあたり、多孔質半導体層の酸化若しくは窒化に関連した発光と、半導体微結晶からの発光との両方のピークが検出されるときに良品として判定するので、電子放出効率がなくてエミッション電流が大きな高性能の電界放射型電子源を良品として選別することができるという効果がある。

【0045】請求項7の発明は、請求項3ないし請求項6の発明において、上記半導体がシリコンよりなるので、半導体微結晶からの発光のピーク波長の設定が容易になる。

【0046】請求項8の発明は、導電性層と、導電性層の一表面側に形成された酸化若しくは窒化した多孔質半導体層よりなる強電界ドリフト層と、強電界ドリフト層上に形成された表面電極とを備え、表面電極を導電性層に対して正極として電圧を印加することにより導電性層から注入された電子が強電界ドリフト層をドリフトし表面電極を通して放出される電界放射型電子源の検査装置であって、強電界ドリフト層へ光エネルギーを与える励起光源と、強電界ドリフト層の発光スペクトルの分布に基づいて当該強電界ドリフト層の良否を判定する判定手段とを備えるものであり、大気中において非破壊、非接触で簡単に強電界ドリフト層の検査を行うことができ、電界放射型電子源の製造コストの低減を図ることが可能となるという効果がある。

【0047】請求項9の発明は、導電性層と、導電性層の一表面側に形成された酸化若しくは窒化した多孔質半導体層よりなる強電界ドリフト層と、強電界ドリフト層上に形成された表面電極とを備え、表面電極を導電性層

に対して正極として電圧を印加することにより導電性層から注入された電子が強電界ドリフト層をドリフトし表面電極を通して放出される電界放射型電子源の検査装置であって、強電界ドリフト層へ電界を印加する電源と、強電界ドリフト層の発光スペクトルの分布に基づいて当該強電界ドリフト層の良否を判定する判定手段とを備えるものであり、大気中において非破壊で簡単に強電界ドリフト層の検査を行うことができ、電界放射型電子源の製造コストの低減を図ることが可能となるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態における電界放射型電子源の概略構成図である。

【図2】同上における電界放射型電子源の概略断面図である。

【図3】同上における電界放射型電子源の特性測定原理の説明図である。

【図4】同上における電界放射型電子源の製造方法を説明するための主要工程断面図である。

【図5】同上における電界放射型電子源の特性説明図である。

【図6】同上における電界放射型電子源の特性説明図である。

【図7】同上における検査装置の概略構成図である。

【図8】同上における他の検査装置の概略構成図である。

【図9】同上における電界放射型電子源の特性説明図である。

【図10】同上における他の電界放射型電子源の概略断面図である。

【図11】同上における他の電界放射型電子源の特性測定原理の説明図である。

【符号の説明】

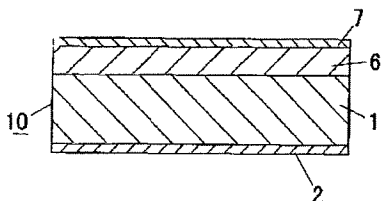
6 強電界ドリフト層

7 表面電極

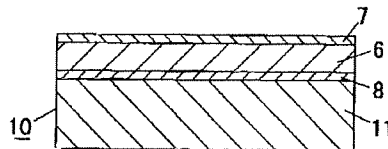
63 シリコン微結晶

64 シリコン酸化膜

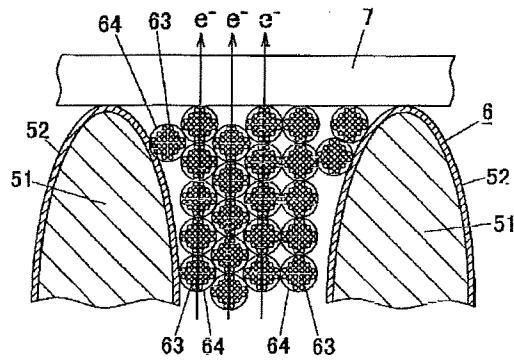
【図2】



【図10】

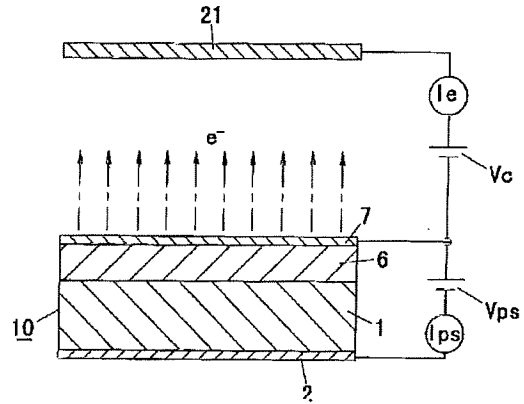


【図1】

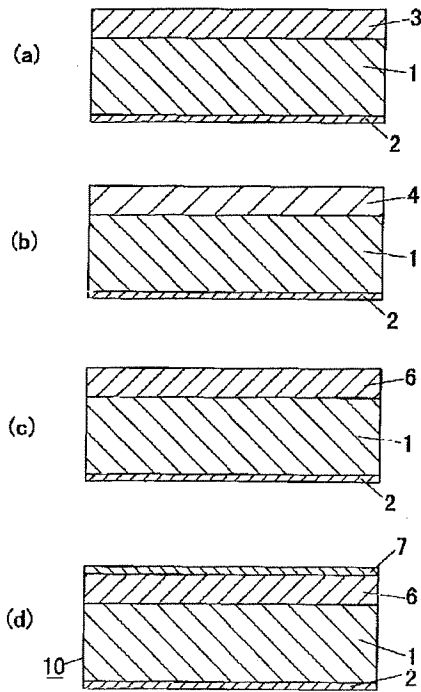


- 6 強電界ドリフト層
- 7 表面電極
- 63 シリコン微結晶
- 64 シリコン酸化膜

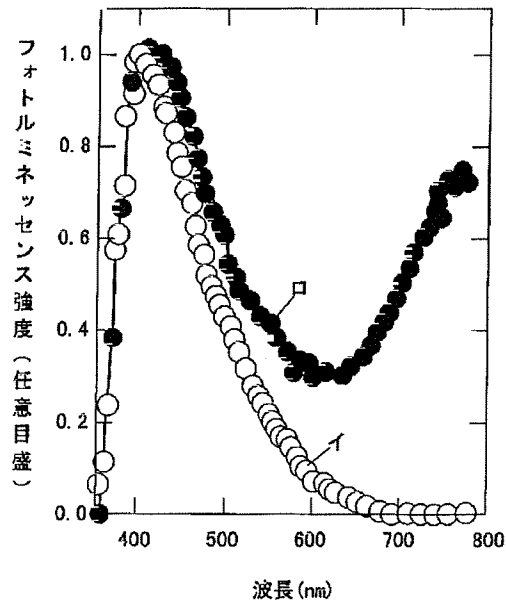
【図3】



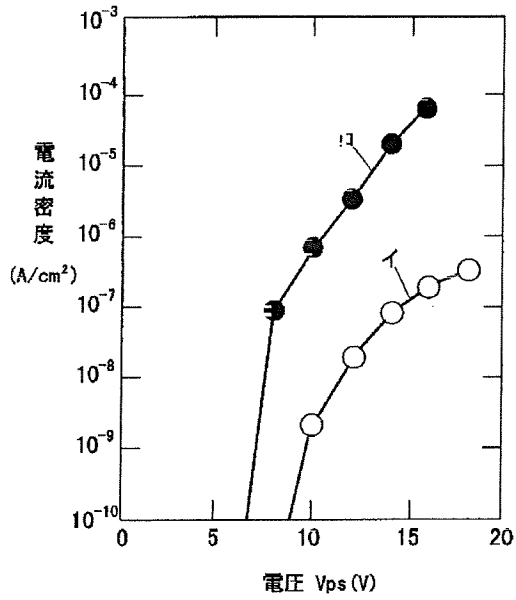
【図4】



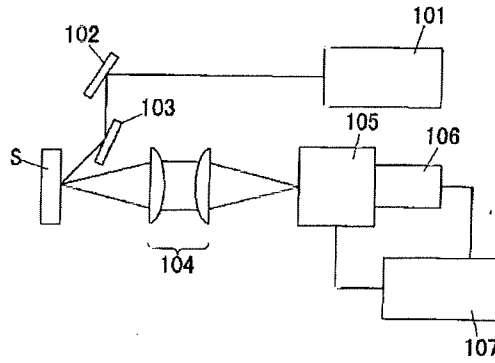
【図5】



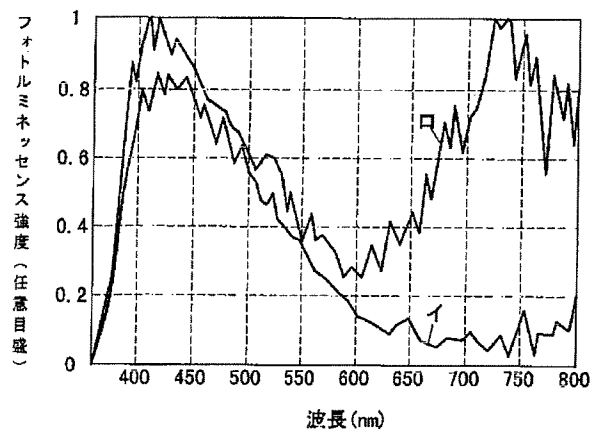
【図6】



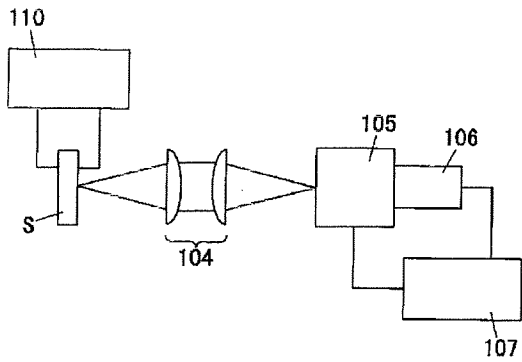
【図7】



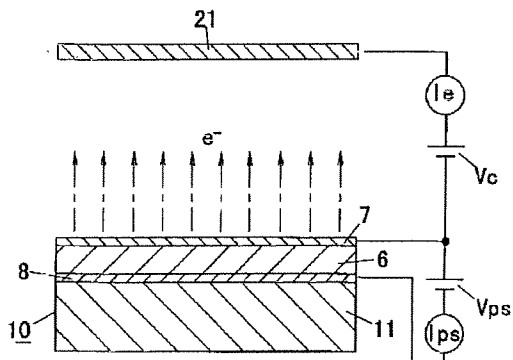
【図9】



【図8】



【図11】



(10) 101-273850 (P2001-273850A)

フロントページの続き

(72)発明者 相澤 浩一

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株
式会社内

(72)発明者 越田 信義

東京都小平市上水本町6-5-10-203

Fターム(参考) 5C012 AA05 BE03

5C035 AA05 BB01 BB02 BB05